

Dampak Korona pada SUTET 500 kV Terhadap Radio Interference

Christine Widystuti¹; I Nyoman Bagus Yudha Dharma²

^{1, 2}Sekolah Tinggi Teknik PLN

¹christinewidyastuti@gmail.com

ABSTRACT

Corona can occur in SUTET because SUTET carries a high enough electric current and voltage, this causes excessive electrical pressure that is not proportional to the breakdown strength of the air around the conductor so that there will be a phenomenon where the electric field will collide with free electrons in the air and will form ionisations in the form of new ions and electrons. This process will continue as long as there are currents and voltages on the extra-high voltage network. This certainly will affect the surrounding environment through which SUTET is included, among others, interference with radio waves (Radio Interference). The addition of the number of subconductors is considered more effective in reducing corona losses and radio interference in each wicket than increasing the distance of the conductor to the ground. The impact of corona on a 500 kV double channel SUTET on radio interference in the Greater Jakarta area is still within reasonable limits because it is still below the IEEE standard of 40 dB.

Keywords: Corona, SUTET 500 kV, Radio Interference

ABSTRAK

Korona dapat terjadi pada SUTET karena SUTET membawa arus dan tegangan listrik yang cukup tinggi, hal ini menyebabkan timbulnya tekanan listrik berlebihan yang tak sebanding dengan breakdown strength dari udara di sekitar konduktor sehingga akan terjadi fenomena dimana medan listrik akan bertabrakan dengan elektron bebas di udara dan akan membentuk ionisasi berupa ion-ion dan elektron baru. Proses ini akan berjalan terus selama ada arus dan tegangan pada jaringan tegangan ekstra tinggi. Hal ini tentunya akan mempengaruhi lingkungan sekitar yang dilalui oleh SUTET tersebut yang diantaranya ialah gangguan terhadap gelombang radio (Radio Interference). Penambahan jumlah subkonduktor dinilai lebih efektif untuk mengurangi rugi-rugi korona maupun radio interference pada tiap gawang dibandingkan peninggian jarak konduktor terhadap tanah. Dampak korona pada SUTET 500 kV saluran ganda terhadap radio interference di daerah Jabodetabek masih dalam ambang batas wajar karena masih dibawah standard IEEE yaitu 40 dB.

Kata kunci: Korona, SUTET 500 kV, Radio Interference

1. PENDAHULUAN

Pembangunan ekonomi yang tumbuh dengan cepat menuntut PT PLN persero untuk menyediakan tenaga listrik dalam berbagai kebutuhan, untuk menunjang kebutuhan listrik tersebut maka dibuatlah Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET). Dalam prakteknya pembangunan SUTET ini secara tidak langsung juga membawa dampak pada lingkungan sekitarnya, dampak yang dimaksud disini ialah dampak negatif yang ditimbulkan oleh jaringan SUTET itu sendiri. Penggunaan arus dan tegangan yang cukup tinggi pada SUTET akan menimbulkan suatu fenomena yang disebut korona, korona pada SUTET ini seringkali menyebabkan bunyi desis di sekitar konduktor transmisi dan gangguan gelombang radio di sekitarnya.

1.1. SUTET 500 KV

Secara teknik, klasifikasi yang umum dari tegangan tinggi adalah sebagai berikut:

- a. Tegangan tinggi (High Voltage), meliputi tegangan system: 20 kV, 30 kV, 70 kV, dan 150 kV.
- b. Tegangan ekstra tinggi (Ekstra High Voltage), meliputi tegangan system: 235 kV, dan 500 kV.
- c. Tegangan ultra tinggi (Ultra High Voltage), meliputi tegangan system 750 kV ke atas.

Bila dua kawat sejajar yang penampangnya kecil dibandingkan dengan jarak antar kawat tersebut diberi tegangan, maka akan terjadi korona. Pada tegangan yang cukup rendah tak terlihat apa-apa, bila tegangan dinaikan maka akan terjadi korona secara bertahap. Korona pada sistem transmisi tenaga listrik biasanya dapat terlihat dengan jelas pada sistem transmisi yang mempunyai intensitas listrik yang cukup tinggi (tegangan yang besar) di Indonesia biasa disebut dengan SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi) dengan tegangan nominal system 235 kV sampai 500 kV.

Pada keadaan udara kering dengan suhu dan tekanan atmosfir normal (25°C dan 76 cmHg), ketahanan breakdown udara ialah 29,8 KV/cm pada harga maksimum atau 21,1 KV/cm pada harga efektif. Perlu diketahui bahwa intensitas medan elektrostatik di sekitar konduktor tidak uniform, oleh karena itu kekuatan maksimumnya ada pada permukaan konduktor dan berkurang berbanding terbalik dengan pertambahan jarak dari pusat konduktor.

1.2. Korona

Elektron yang membawa arus listrik pada jaringan interkoneksi dan jaringan transmisi, menyebabkan timbulnya tekanan listrik berlebihan yang tak sebanding dengan breakdown strength dari udara di sekitar konduktor sehingga akan terjadi suatu fenomena dimana medan listrik akan bertabrakan dengan elektron bebas di udara dan akan membentuk ionisasi berupa ion-ion dan elektron baru. Proses ini berjalan terus selama ada arus dan tegangan pada jaringan tegangan ekstra tinggi ,akibatnya ion dan elektron menjadi berlipat ganda, terlebih lagi bila gradien tegangannya cukup tinggi. Berlipat gandanya ion dan elektron ini menimbulkan korona yang dapat terlihat berupa percikan busur cahaya yang seringkali disertai pula dengan suara mendesis dan bau khusus yang disebut dengan bau ozone. Sedangkan gangguan gelombang radio yang disebabkan oleh SUTET dapat ditimbulkan oleh wide band frekuensi dari beberapa sumber sebagai berikut:

- a. Peristiwa korona discharge (pelepasan muatan listrik) di udara pada permukaan konduktor dan alat kelengkapannya.
- b. Discharge (pelepasan muatan listrik) dan bunga api pada titik stress tegangan pada isolator.
- c. Bunga api (sparking) pada sambungan yang longgar atau tak sempurna.

Sifat dari korona adalah:

a. Sifat Korona Positif

Korona positif berbentuk sebuah plasma seragam di sepanjang sebuah konduktor. Korona positif sering terlihat dengan pijaran berwarna biru/putih, meski sebagian besar emisi berada dalam ultraviolet.

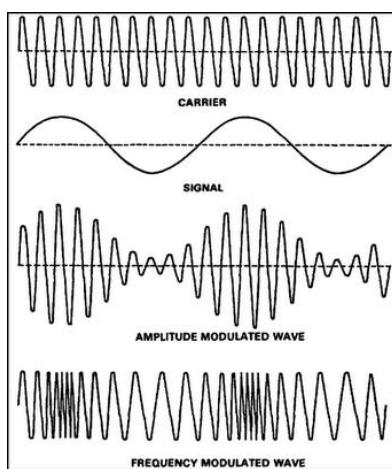
b. Sifat Korona Negatif

Korona negatif dihadirkan dalam korona tak uniform, yang bervariasi sesuai dengan ciri permukaan dan ketidak teraturannya konduktor melengkung. Korona negative sering muncul sebagai gumpalan korona di tepi tajam, jumlah gumpalan berubah sesuai dengan kekuatan medan. Terbentuknya korona negative merupakan hasil dari sumber electron longsor sekunder.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

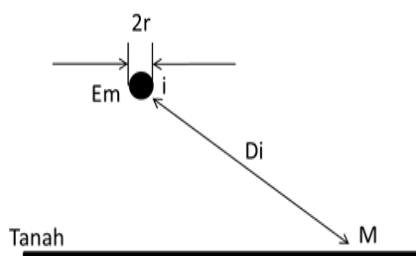
2.1. Radio Interference (RI) Pada SUTET 500 KV

Gelombang radio adalah satu bentuk dari radiasi elektromagnetik, dan terbentuk ketika objek bermuatan listrik dari gelombang osilator (gelombang pembawa) dimodulasi dengan gelombang audio (ditumpangkan frekuensinya) pada frekuensi yang terdapat dalam Frekuensi gelombang radio pada suatu spektrum elektromagnetik, dan radiasi elektromagnetiknya bergerak dengan cara osilasi elektrik maupun magnetic.



Gambar 1. Bentuk Gelombang dari AM Dan FM

Medan listrik yang ditimbulkan oleh SUTET 500 kV mengakibatkan fenomena korona yang secara tak langsung mengakibatkan terjadinya proses pelepasan muatan listrik keudara. Proses pelepasan pada korona menghasilkan pulsa-pulsa arus dan tegangan pada konduktor saluran yang akhirnya dapat mengakibatkan gangguan pada gelombang radio.



Gambar 2. Pengukuran Jarak Lateral Objek Untuk Menentukan RI.

Penggunaan rumus empiris CIGRE dapat digunakan untuk menentukan besarnya RI pada tiap fasa dari konduktor SUTET 500 kV pada saluran tunggal. Penggunaan rumus ini akan mempunyai beberapa faktor penting yang dapat mempengaruhinya, yaitu:

- Jari dari konduktor r , atau diameter dari konduktor $d = 2r$
- Gradient potensial maksimum pada konduktor
- Jarak lateral objek yang akan dievaluasi radio interference nya dari kawat konduktor
- Faktor lain seperti frekuensi pengukuran dan keadaan cuaca

$$RI_i = 3,5 Em + 12r - 33 \log_{10} \left(\frac{D_i}{20} \right) - 30 [dB] \quad (1)$$

Langkah awal dalam perhitungan gradient potensial ialah dengan menghitung jari-jari equivalen dari konduktor.

$$r_{eq} = R \left(\frac{N \cdot r}{R} \right)^{\frac{1}{N}} \quad [m] \quad (2)$$

$$E_m = \frac{1 + \frac{(N-1)r}{R}}{N \cdot r \cdot \ln \left(\frac{2H}{r_{eq}} \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{2H}{P} \right)^2}} \right)} \times \frac{V}{\sqrt{3}} \quad [kV rms/cm] \quad (3)$$



Gambar 3. Konfigurasi Konduktor Pada SUTET Yang Diamati

Akan didapat enam buah nilai RI yang terlebih dahulu dikonversikan kedalam satuan $\mu V/m$ dengan menggunakan persamaan berikut :

$$RI_{(\mu V/m)} = 10^{\left(\frac{RI_{dB}}{20} \right)} \quad (4)$$

$$RI_i = \sqrt{RI_i^2 + RI'_i^2} \quad (5)$$

$$20 \log_{10} \left(RI_{\mu V/m} \right) = RI_{dB} \quad (6)$$

Pada perhitungan diatas nantinya akan diperoleh tiga nilai RI saja, sehingga dapat ditentukan nilai RI dari saluran dengan memilih dua nilai RI yang terbesar, atau jika didapatkan sebuah nilai RI yang lebih tinggi 3 dB dari yang lainnya maka nilai tersebut dapat dikatakan sebagai nilai RI dari saluran, jika pengukuran dilakukan pada frekuensi 1MHz maka level dari RI akan 6 dB lebih rendah, dan untuk mengetahui besar level dari RI pada keadaan hujan maka nilai dari RI salurannya ditambah 17 dB.

$$RI_t = \frac{1}{2} (\text{penjumlahan dua level RI yang terbesar}) + 1,5$$

$$P_c = 5,16 \times 10^{-3} f \sqrt{r/2H} V^2 \left(1 - \frac{V_a}{V} \right)^2 \left[\frac{kW}{km/3fasa} \right] \quad (8)$$

$$T_{PC,RW} = T_{PC,FW} + 0,3606 K \cdot V \cdot r^2 \cdot \ln(1 + 10\rho) \cdot \sum_{i=1}^{3N} E^5 \left[\frac{Kw}{Km/3fasa} \right] \quad (9)$$

Tabel 1. Tabel Frekuensi dan Panjang Gelombangnya

Nama band	Singkatan	Band ITU	Frekuensi	Panjang gelombang
			< 3 Hz	> 100.000 km
Extremely low frequency	ELF	1	3 – 30 Hz	100.000 km – 10.000 km
Super low frequency	SLF	2	30 – 300 Hz	10.000 km – 1000 km
Ultra low frequency	ULF	3	300 – 3000 Hz	1000 km – 100 km
Very low frequency	VLF	4	3 – 30 KHz	100 km – 10 km
Low frequency	LF	5	30 – 300 KHz	10 km – 1 km
Medium frequency	MF	6	300 – 3000 KHz	1 km – 100 m
High frequency	HF	7	3 – 30 MHz	100 m – 10 m
Very high frequency	VHF	8	30 – 300 MHz	10 m – 1 m
Ultra high frequency	UHF	9	300 – 3000 MHz	1 m – 100 mm
Super high frequency	SHF	10	3 – 30 GHz	100 mm – 10 mm
Extremely high frequency	EHF	11	30 – 300 GHz	10 mm – 1 mm
			Di atas 300 GHz	< 1 mm

Korona discharge pada SUTET 500 kV akan menyebabkan frekuensi yang memanjang dari 3 KHz sampai dengan 3 GHz jadi terdapat kemungkinan akan terjadi radio interference pada daerah Very Low Frequency (VLF) sampai dengan daerah Ultra High Frequency (UHF).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi kasus yang dilakukan pada perhitungan radio interference ini dilakukan pada transmisi SUTET 500 kV Bekasi tepatnya pada tower A56-A57, A57-D58, D58-D59 dan D59-D60, studi kasus akan lebih dikonsentrasi pada tower A57-D58 karena pada gawang tower ini mempunyai andongan yang paling rendah. Pemilihan pengambilan level RI pada ke empat gawang tower tersebut karena keempat tower tersebut mempunyai jarak andongan terhadap tanah yang paling rendah. Keempat tower tersebut mempunyai jarak andongan ketanah yang berbeda-beda, A56-A57 = 23meter dari tanah, A57-D58 = 20meter dari tanah, D58-D59 = 21meter dari tanah dan D59-D60 = 22 meter dari tanah. Pada A56-A57 terdapat sawah dan jalan raya di bawah salurannya, pada A57-D58 dibawah salurannya terdapat tanah lapang sehingga mempunyai andongan yang paling rendah dari yang lainnya, pada D58-D59 dibawah salurannya terdapat sawah, kolam dan beberapa perumahan warga dan D59-D60 terdapat beberapa perumahan warga dibawah salurannya.

Besarnya nilai dari radio interference pada saluran ganda, jenis konduktor yang diamati ialah konduktor ACSR type DOBE dengan luas penampang tiap subkonduktor ialah 327,9 mm². Prediksi perhitungan radio interference sesuai dengan IEEE radio noise design guide yaitu 30 m dari fasa terluar ruang bebas SUTET 500 kV yaitu 37,3 m untuk saluran ganda. Frekuensi dari alat indikator gangguan yang digunakan ialah pada frekuensi radio AM yaitu 0,5 MHz.

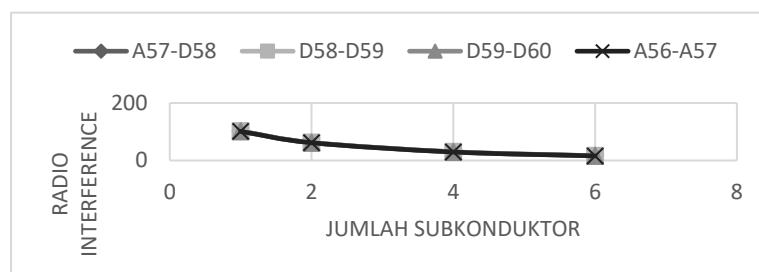
Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah

Vol. 11, No. 2, Juli - Desember 2019, P-ISSN 1979-0783, E-ISSN 2655-5042

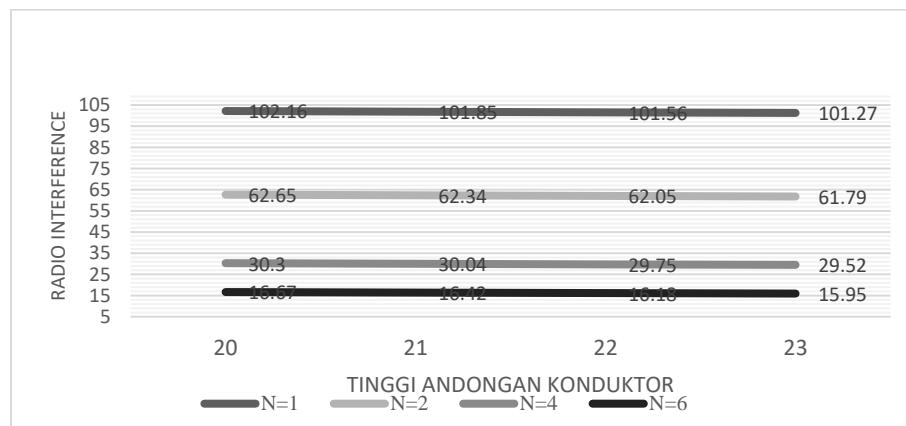
<https://doi.org/10.33322/energi.v11i2.842>

Tabel 2. Tabel Perhitungan Radio Interference

Gawang	H (Meter)	N (Jumlah Subkonduktor)	RI (dB)	Keterangan
A57 – D58	20	1	102,16	Asumsi
		2	62,65	Asumsi
		4	30,3	Studi Kasus
		6	16,67	Asumsi
D58 – D59	21	1	101,85	Asumsi
		2	62,34	Asumsi
		4	30,04	Studi Kasus
		6	16,42	Asumsi
D59 – D60	22	1	101,56	Asumsi
		2	62,05	Asumsi
		4	29,75	Studi Kasus
		6	16,18	Asumsi
A56 – A57	23	1	101,27	Asumsi
		2	61,79	Asumsi
		4	29,52	Studi Kasus
		6	15,95	Asumsi



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Jumlah Subkonduktor Dengan Besarnya Radio Interference Pada Masing-Masing Gawang.



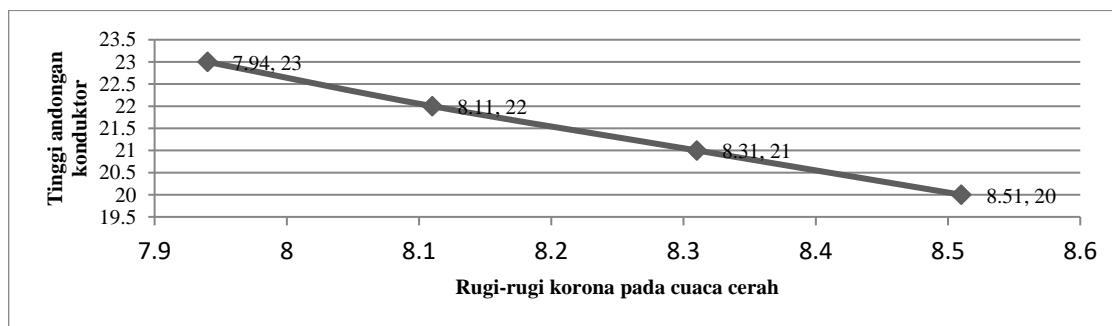
Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Tinggi Andongan Terhadap Tanah Dengan Besarnya Radio Interference Pada Masing-Masing Variasi Subkonduktor.

Semakin tinggi jarak andongan terhadap tanah maka akan semakin kecil nilai dari radio interference dan semakin pendek jarak andongan terhadap tanah maka akan semakin besar nilai dari radio interference.

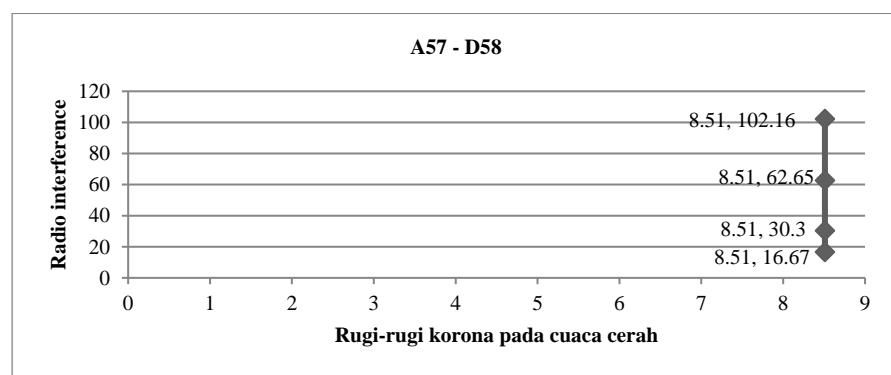
Pengaruh rugi-rugi daya korona dengan besarnya nilai dari radio interference pada SUTET 500 kV Bekasi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Tabel Perhitungan Rugi-Rugi Daya Korona pada Keadaan Cerah dan Level RI pada Keadaan Cerah

Gawang	H	RI cuaca cerah (dB)	Rugi-rugi daya korona (kW/km/2x3fasa)	Keterangan
A57-D58	20	119,16	8,51	Asumsi
		79,65		Asumsi
		47,3		Studi Kasus
		33,67		Asumsi
D58-D59	21	118,85	8,31	Asumsi
		79,34		Asumsi
		47,04		Studi Kasus
		33,42		Asumsi
D59-D60	22	118,56	8,11	Asumsi
		79,05		Asumsi
		46,75		Studi Kasus
		33,18		Asumsi
A56-A57	23	118,27	7,94	Asumsi
		78,79		Asumsi
		45,52		Studi Kasus
		32,95		Asumsi



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Tinggi Andongan Konduktor Terhadap Rugi-Rugi Korona pada Tiap Gawang.

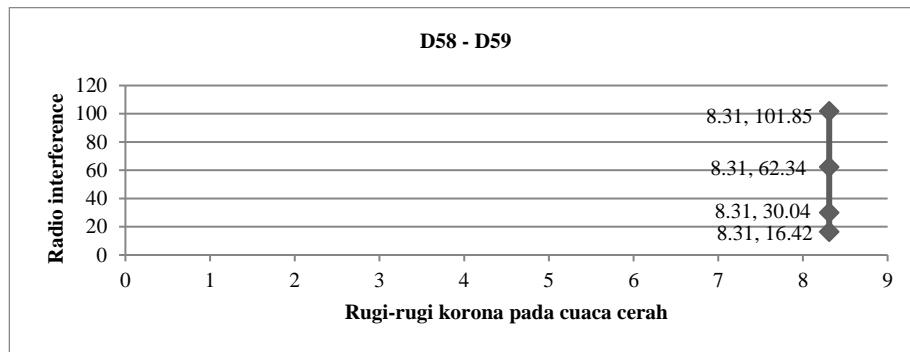


(a)

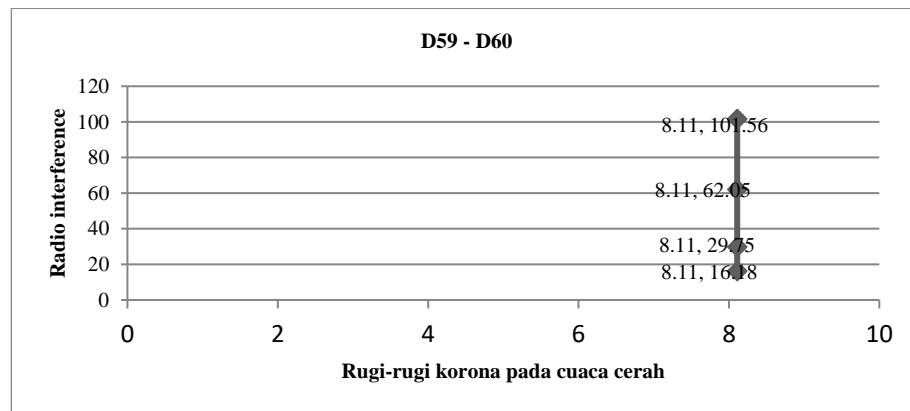
Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah

Vol. 11, No. 2, Juli - Desember 2019, P-ISSN 1979-0783, E-ISSN 2655-5042

<https://doi.org/10.33322/energi.v11i2.842>



(b)



(c)

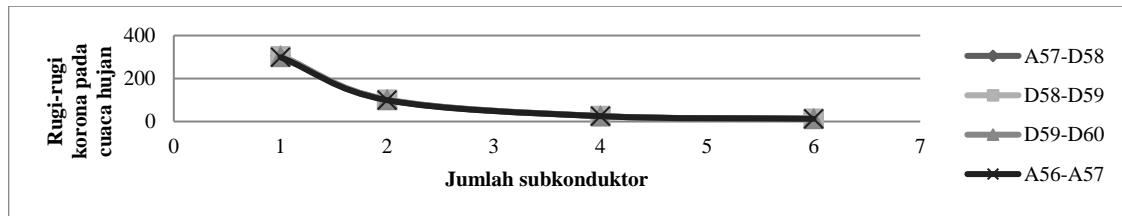
Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Rugi-Rugi Korona Pada Cuaca Cerah Dengan Radio Interference pada Tiap Gawang. (a) pada Gawang A57-D58; (b) pada Gawang D58-D59; (c) pada Gawang D59-D60; (d) pada Gawang A56-A57.

Ketinggian dari konduktor terhadap tanah mempengaruhi besarnya nilai rugi-rugi korona pada cuaca cerah. Semakin tinggi jaraknya terhadap tanah maka akan semakin kecil rugi-rugi koronanya.

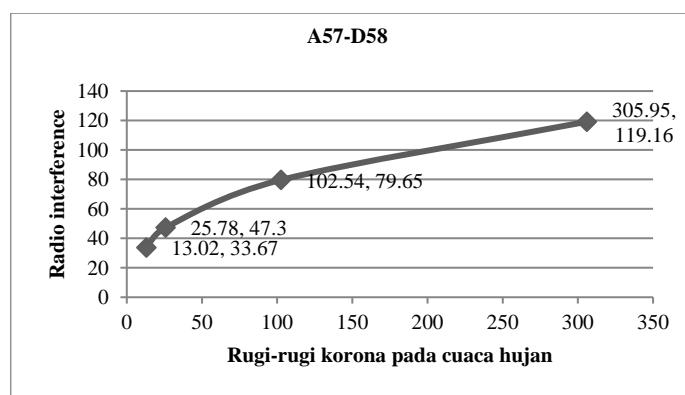
Tabel 4. Tabel Perhitungan Rugi-Rugi Daya Korona pada Keadaan Hujan dan Level RI pada Keadaan Hujan

Gawang	N	RI cuaca cerah (dB)	RI cuaca hujan (dB)	Rugi-rugi daya korona (kW/km/2x3fasa)		Keterangan	
				cerah			
				Pers (7)	Pers (8)		
A57-D58	1	102,16	119,16	8,51	10	305,95	Asumsi
	2	62,65	79,65			102,54	Asumsi
	4	30,3	47,3			25,78	Studi Kasus
	6	16,67	33,67			13,02	Asumsi
D58-D59	1	101,85	118,85	8,31	10	312,03	Asumsi
	2	62,34	79,34			101,34	Asumsi
	4	30,04	47,04			25,51	Studi Kasus
	6	16,42	33,42			12,88	Asumsi
D59-D60	1	101,56	118,56	8,11	10	301,1	Asumsi
	2	62,05	79,05			100,28	Asumsi
	4	29,75	46,75			25,21	Studi Kasus
	6	16,18	33,18			12,79	Asumsi

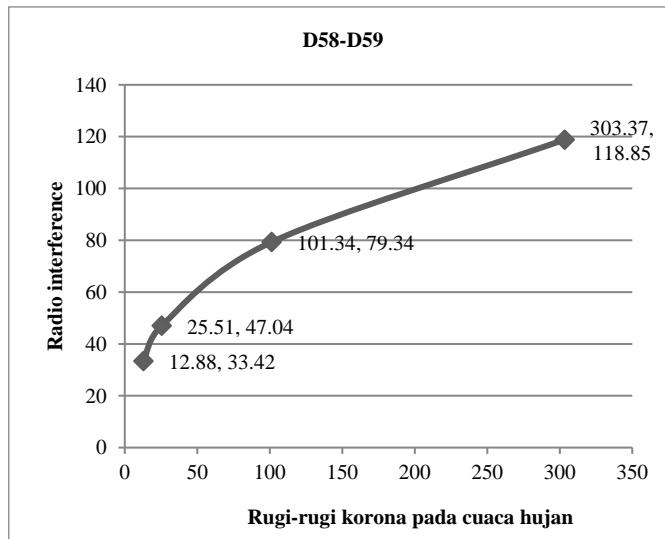
A56-A57	1	101,27	118,27	7,94		299,12	Asumsi
	2	61,79	78,79			99,5	Asumsi
	4	29,52	45,52			25,03	Studi Kasus
	6	15,95	32,95			12,71	Asumsi



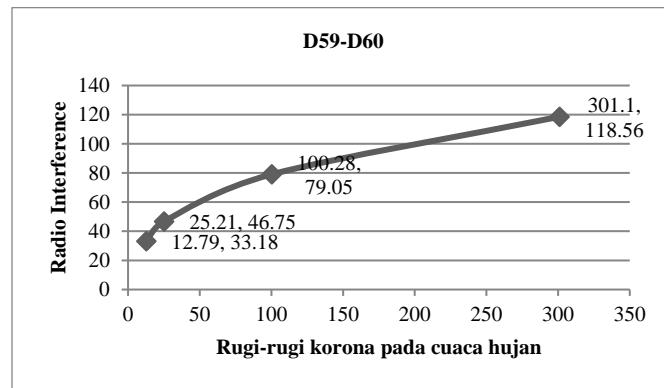
Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Jumlah Subkonduktor Yang Digunakan Pada Tiap Gawang Dengan Rugi-Rugi Korona Pada Cuaca Hujan



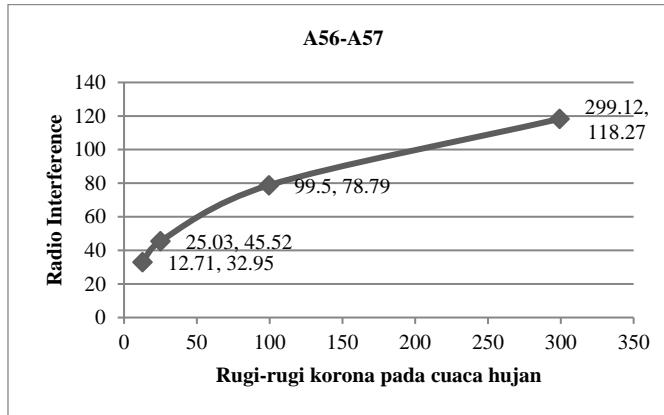
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Rugi-Rugi Korona pada Cuaca Hujan Dengan Radio Interference pada Tiap Gawang. (a) pada Gawang A57-D58 ; (b) pada Gawang D58-D59 ; (c) pada Gawang D59-D60 ; (d) pada Gawang A56-A57

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada gawang A57-D58, D58-D59, D59-D60 dan A56-A57 mempunyai jarak andongan yang bervariasi antara 20, 21, 22 dan 23 meter, hal ini mempengaruhi besarnya radio interference yang terjadi. Pada studi kasus ini gawang A57-D58 ialah gawang yang mempunyai nilai radio interference yang terbesar pada tiap variasi subkonduktor yang digunakan dibanding gawang lainnya. Pada gawang A57-D58, D58-D59, D59-D60 dan A56-A57 untuk cuaca cerah gawang A57-D58 mempunyai rugi-rugi korona yang paling besar diantara gawang lainnya. Hal ini disebabkan karena gawang A57-D58 mempunya jarak andongan terendah dibanding gawang yg lain yaitu 20 meter. Pada gawang A57-D58, D58-D59, D59-D60 dan A56-A57 untuk cuaca hujan gawang A57-D58 mempunyai rugi-rugi korona yang paling besar pada tiap variasi subkonduktor yang digunakan dibandingkan dengan gawang lainnya.

Penambahan jumlah subkonduktor dinilai lebih efektif untuk mengurangi rugi-rugi korona maupun radio interference pada tiap gawang dibandingkan peninggian jarak konduktor terhadap tanah. Dapat disimpulkan bahwa dampak korona pada SUTET 500 kV saluran ganda terhadap radio interference di daerah Jabodetabek masih dalam ambang batas wajar karena masih dibawah standard IEEE yaitu 40 dB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, A. dan Kuwahara, S. (1982). Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid II:Saluran Transmisi, cetakan kelima. Jakarta. Pradnya Paramita.
- [2] Arismunandar, A. (1984). Teknik Tegangan Tinggi, cetakan kelima. Jakarta.Pradnya Paramita.
- [3] Begamudre, R.D. (1987). Extra High Voltage A.C.Transmission Engineering. New Delhi.Wiley Eastern Limited.
- [4] Hutaauruk, T. S (1996) Transmisi Daya Listrik, cetakan keempat. Jakarta.Erlangga.
- [5] IEEE Radio Noise Subcommittee Report. (1971). “*Radio Noise Design Guide For High-Voltage Transmision Lines*”. Working Group No.3, IEEE Trans. Power Apparatus And System, vol. PAS-90, no. 2, p. 833-842, March/April.